Aus der Medizinischen Klinik der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. W. Frey

Kolloidchemische Veränderungen des Blutserums unter Einwirkung von Kurzwellen

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

ETIENNE GRANDJEAN
Côte-aux-Fées, Neuchâtel

LAUSANNE
Buchdruckerei E. Ruckstuhl Bonanomi
1942

Auf Antrag des Herrn Prof. Dr. W. Frey von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 29. Oktober 1942.

Der Dekan der Med. Fakultät :
Prof. Dr. A. von Muralt.

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. W. Frey

Kolloidchemische Veränderungen des Blutserums unter Einwirkung von Kurzwellen

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

ETIENNE GRANDJEAN
Côte-aux-Fées, Neuchâtel

LAUSANNE
Buchdruckerei E. Ruckstuhl Bonanomi
1942

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Kolloidchemische Veränderungen des Blutserums unter Einwirkung von Kurzwellen

1. Einleitung.

Seit dem Jahre 1926, in welcher Zeit die ersten Versuche mit kurzen elektrischen Wellen an Lebewesen angestellt wurden, ist die Zahl der Beobachtungen, die von biologischen Veränderungen nach Kurzwellenbesendungen berichten, stark angestiegen. Es seien hier nur die wichtigsten Ergebnisse der Forschung über die biologischen Wirkungen des Kurzwellenfeldes erwähnt :

Die ersten Versuche von E. Schliephake zeigten, dass von der im Kurzwellenfeld entstandenen Wärme die grössten Wirkungen ausgingen. Er hatte dabei Mäuse und Ratten ins Kondensatorfeld gestellt und musste konstatieren, dass die Tiere nach kurzer Zeit an starker innerer Erwärmung zu Grunde gingen. Es stand fest, dass die biologischen Wirkungen wenigstens zum Teil auf Wärmeerzeugung beruhten. Es blieb aber immer noch die Frage offen, ob die Kurzwellen, abgesehen von ihrer offenkundigen Wärmewirkung, nicht auch Wirkungen auslösen können, die nicht thermischer Natur, sondern die man als spezifisch-elektrische Wirkungen bezeichnen könnte. Man bedenke, dass die durch Kurzwellen hervorgerufene Wärme Joul'sche Wärme ist, welche ihr Entstehen dem Leitungsstrom zuzuschreiben hat, dass ferner für die Erwärmung neben der Ohm'schen auch die dielektrische oder die kapazitive Leitfähigkeit massgebend sind. Wären da Veränderungen des Dispersionsgrades kolloider Lösungen, elektrische Ladungen und Umladungen von Kolloiden, Veränderungen im chemischen Aufbau der Moleküle nicht im Bereiche der Möglichkeit ? Ueber diesen Punkt scheinen sich die Autoren noch nicht geeinigt zu haben. E. Schliephake machte in dieser Beziehung einige interressante Versuche, aus welchen er die Folgerung schloss, dass man es im Kondensatorfeld nicht nur mit Erwärmung allein, sondern mit besondern physikalisch-chemischen Wirkungen auf das Eiweissmolekül zu tun habe. Einer dieser Versuche ist der, in welchem Recknagel und

Schliephake menschliches Serum in Reagensgläsern dem Kondensatorfelde ausgesetzt haben. Das Glas wurde von einem Wassermantel umgeben, sodass die Temperaturunterschiede vor und nach dem Versuche nie mehr als 2 Grad betrugen. Bei Bestimmungen der Viscosität ergab sich zunächst eine Zunahme der Zähigkeit, die sich innerhalb der ersten 10 Minuten steigerte und dann wieder zurückging. Bei Besendungen über 20 Minuten tritt eine Abnahme der Viscosität ein. Ferner ergaben Untersuchungen der Fällbarkeit durch Ammonsulfat eine Zunahme der Kolloidstabilität. Diese Veränderungen sind denjenigen entgegengesetzt, die man bei Erwärmung beobachten kann. Weitere Versuche wurden an Diphtherieheilserum angestellt. Dabei wurde beobachtet, dass der Antitoxingehalt nach Kurzwellenbesendung stark abgenommen hatte. Für eine ähnliche spezifische Wirkung der Kurzwellen auf Eiweisskörper sprechen die Versuche von Jorns, der den Einfluss des Kondensatorfeldes auf die Phagocytose von Leucocyten untersuchte. Jorns fand dabei, dass bei bestimmter Dosierung die Phagocytose stark angeregt, bei zu starker Einwirkung dagegen geschwächt wird. Dabei gelang ihm der Nachweis, dass die Schwächung durch die unmittelbare Einwirkung auf die Leucocyten hervorgerufen wird, die Phagocytoseanregung dagegen rein auf Veränderungen des Serums beruht. Durch Besendung von Leucocyten ohne Serum konnte nämlich keine Steigerung der Phagocytose hervorgerufen werden. Wurden dagegen die Leucocyten in ein Serum gebracht, das vorher dem Kondensatorfeld längere Zeit ausgesetzt worden war, so trat die Phagocytosesteigerung genau so auf, wie bei Behandlung des Serum-Leucocytengemisches. Demgegenüber machten besonders Kowarschick und etwas später auch E. Raab geltend, dass es unter keinen Umständen spezifische Wirkungen ohne thermische gebe. Es sei unmöglich durch irgend eine Kühlmethode die Wärmewirkung auszuschalten, um so die spezifische Wirkung für sich allein zu betrachten. Die betreffenden Autoren neigen mehr zur Ansicht, dass es wohl eine allgemeine spezifische Kurzwellen gibt, die aber eine Wärmewirkung ist, in dem Sinne, dass im physikalischen Geschehen der Verschiebungsstrom den Leitungsstrom ergänzt und an sonst schwer zugänglichen Stellen seine Energiewirkungen (Wärme) auslösen kann. Ein grob drastischer Versuch von Kowarschik, der einerseits die eigenartige Wärmewirkung der Kurzwellen zeigt und andererseits die Wirkungslosigkeit der Kühlung deutlich demonstriert ist folgender : Ein Stück Ochsenfleisch, in ein Kurzwellenfeld gebracht, verkocht in wenigen Minuten. Legt man ein gleich grosses Stück Fleisch zwischen 2 Eisblöcke, so dauert es wohl etwas länger, aber das Eis vermag nicht zu verhindern, dass das Fleisch zu dampfen beginnt und schliesslich verkocht. Raabe bezeichnet diese eigene Wärmewirkung auch mit « Punktwärme » oder « Punktenergie ». Diese Punktenergie ent-

steht dann, wenn kleine und grosse Molekülaggregate untereinander gemischt vom Kurzwellenfeld getroffen werden. Infolge des Wärmeträgheitsgesetzes wird dann das kleinere Molekül schneller erwärmt als das grössere. Dieses trifft nach Raabe in vollem Umfange bei allen Versuchen mit Bakterien zu, wo er glaubt, dass die in Frage stehenden Bakterien sich viel mehr erwärmen als der Nährboden, sodass der Nährboden wohl bloss 37 Grad Wärme hat, die Bakterien aber bereits ihre Absterbetemperaturen erreicht hatten. Eine sehr wichtige Rolle in der Erwärmung durch Kurzwellen spielen vor allem die Leitfähigkeit und die Dielektrizitätskonstanten. Dies zeigt sich besonders augenfällig in den Versuchen des Physikers Esau, welcher eine Emulsion aus einer wässerigen Lösung von $Na_2 Co_3$ und Paraffinöl herstellte und diese dem Kurzwellenfelde aussetzte. Er beobachtete dabei, dass die Emulsion nach kurzer Zeit zum Kochen kam. Bei der Temperaturmessung fand er aber bloss eine Wärme von 50 bis 80 Grad, je nach der Zusammensetzung des Gemisches. Die Erklärung muss die sein, dass das Paraffin als Nichtleiter sich viel weniger erwärmt als die Sodalösung, die ein ausgesprochener Elektrolyt darstellt, und allein zum Sieden kommt. Da sich die Sodalösung nur in Spuren im Paraffinöl emulgieren lässt, die Menge des Oels also weitaus überwiegt, so ist es klar, dass das eingetauchte Thermometer die Temperatur des Oels und nicht die der siedenden Wassertröpfchen angibt.

2. Die Wirkung der Kurzwellen auf das Nervensystem.

Von Anfang an hatte man beobachtet, dass Menschen und Tiere nach K. W. Besendung deutlichen Schwankungen ihrer Körpertemperaturen unterworfen wurden. Schliephake und Strassburger riefen schwere Störungen in der Temperaturregulierung von Kaninchen hervor nach der Behandlung der Nackengegend. Diese Störungen waren je nach verwendeten Wellenlängen und Feldstärken verschieden, bei manchen Tieren starke Erhöhung, bei andern starker Abfall der Körpertemperaturen. Zum Teil mussten diese Resultate auf die starke Hyperaemie des Gehirns zurückgeführt werden, zum Teil schienen aber auch Einflüsse auf den Tonus des Sympaticus und des Vagus von grosser Bedeutung zu sein. In diesem Zusammenhang mögen auch noch die gleichzeitigen Veränderungen am Liquor von Interesse sein. Es fand sich nämlich eine auffallende Steigerung des Eiweissgehaltes im Liquor, vorübergehend auch eine Erhöhung der Zellzahl. Die Eiweissvermehrung war vor allem durch eine Zunahme der Albumine bedingt. Der Eiweissquotient, d. h. das Verhältnis der Globuline zu den Albuminen, war daher auffallend niedrig. Bei dieser Gelegenheit sei auch erwähnt, dass von Ottingen eine Erhöhung der Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen nach K. W. Bestrahlung beobachtet hatte.

3. Die Veränderungen des morphologischen Blutbildes nach Kurzwellen-Besendung.

Die Veränderungen im roten Blutbild scheinen nach den Angaben der Autoren ganz und gar uncharakteristisch zu sein, hingegen scheint eine eindeutige Wirkung der K. W. auf die weissen Blutkörperchen vorzuliegen. Von Ottingen und Schulze-Rhonhof machten die Beobachtung, dass es schon während der Bestrahlung oder unmittelbar nachher zu einem deutlichen Leucocyten Sturz kommt, nach einer Stunde aber und noch mehr nach 3 Stunden wandelt sich diese Leucopenie in eine Leucocytose um. Die Autoren fanden, dass der anfängliche Leucocyten Sturz auf eine starke Abnahme der Lymphocyten zurückzuführen war. Bei solchen Versuchen bemerkte Schliephake, dass die Blutentnahme gleich nach der Behandlung oft recht schwierig war, wegen der starken Steigerung der Blutgerinnung. Er stellte die rascheste Gerinnung etwa eine Stunde nach der Behandlung fest. Pflomm hat gezeigt, dass die Thrombocyten in keinen Fällen eine wesentliche Veränderung zeigten. Für diese raschere Gerinnung haben die genannten Autoren keine Erklärung, ebensowenig für die schon erwähnte Erhöhung der Blutsenkungsgeschwindigkeit. Wahrscheinlich ist hier auch eine Wirkung auf das Blutserum vorhanden, was später noch näher betrachtet werden soll.

4. Die Wirkung der Kurzwellen auf das Blutserum.

Einen Versuch von grundsätzlicher Bedeutung für das Verständnis der biologischen Wirkung der K. W. auf das Blutserum scheint mir derjenige von Kowarschik zu sein, in welchem er eine Eiweisslösung dem Kondensatorfelde aussetzte. Er stellte dabei fest, dass eine Lösung von Hühnereiweiss im Feld einer 4,8 m Wellenlänge bereits bei 57 Grad gerinnt, während das im Wasserbad erst bei 62 Grad der Fall ist. Kowarschik erklärt dies damit, dass die Eiweissmoleküle sich viel schneller und stärker erwärmen als ihr Dispersionsmittel das Wasser. Es erwärmen sich also, analog dem Versuch mit der Paraffinölemulsion wo die Tröpfchen der Sodalösung sich viel mehr erwärmten, in einer kolloidalen Lösung gewisse kolloide Teilchen stärker als ihr Lösungsmittel. Das kann für unsere Versuche nicht gleichgültig sein, ob sich die Eiweissmoleküle im Blutserum stärker erwärmen als ihr Lösungsmittel, denn das will doch heissen, dass wenn ein in das zu untersuchende Blutserum eingetauchtes Thermometer eine Temperatur von 36 Grad anzeigt, die Eiweissmoleküle dann bereits eine solche von 37 oder 38 Grad haben! Einen ähnlichen Versuch hatte schon Schereschewsky

angestellt, indem er zeigte, dass sich im K. W. Felde die roten Blutkörperchen mehr erwärmten als das Serum, wobei hier die Erythrocyten die suspendierten Teilchen, das Serum das Suspensionsmittel darstellen. Er stellte dieses fest, indem er einmal das Serum, einmal die Erythrocyten allein bestrahlte und schliesslich das Serum mit den roten Blutkörperchen vermischt im Kurwellenfelde erwärmte ; dabei erreichte das letztere Gemisch eine Temperatur, die genau zwischen der des Serums und der der Erythrocyten lag.

Die meisten Versuche am Blutserum verdanken wir Pflomm, der auch zuerst bemerkte, dass sich die Wasserstoffjonen Konzentration regelmässig nach Kurzwellenbehandlung im Blute erhöhte. Diese Verschiebung der Serumreaktion nach der acidotischen Seite konnte er auch beim Besenden von Blutserum ausserhalb des Körpers feststellen, indem er den ganzen Versuch in vitro anstellte. Ebenfalls hat Pflomm einen geringen Blutzuckeranstieg nach Kurzwellenbesendung festgestellt. Als weiterer Versuch mit den Eiweisskörpern des Blutserums in der Literatur findet man den von Schliephake angestellten, in welchem er mit Hilfe des refraktometrischen Verfahrens in fast allen Untersuchungen ein Heruntergehen des Brechungsindexes feststellte. Dieses führte er auch auf eine Wasseranreicherung oder auf einen Quellungsrückgang der Serumkolloide zurück. Für die Veränderungen des Blutserums dürften auch die erhöhte Kapillardurchlässigkeit und das Einströmen von Natrium- und Kaliumjonen von Bedeutung sein. Denn nach Pflomm kommt es dadurch zu einer Natrium-Kalium Verarmung der Gewebe, und zu einer Calcium Anreicherung der Zellen, was sich in einer Verschiebung des Kalium-Calcium Verhältnisses im Blutserum äussert. Im Gegensatz dazu wird in einer Arbeit, die 1939 herauskam, von Lenzi, Sergio et Spagnolio behauptet, der Calciumspiegel des Blutes erfahre nach K. W. Besendung eine Veränderung die von Versuchsperson zu Versuchsperson wechselt, bald im Sinne einer Erhöhung, bald im Sinne einer Verminderung des Calciumgehaltes. Ebenso hat Candellini einen regelmässigen Cholesterin Anstieg im Blute nach K. W. Behandlung nachgewiesen. Mit dem Serum-Eiweiss befassen sich in einer Arbeit, die ebenfalls 1939 herauskam, die Autoren Cattaneo, Franco und Ittalo Cattaneo. Sie haben an 15 Personen die Schädelbasis mit Kurzwellen bestrahlt. Dauer der Besendung jeweilen 15 Minuten mit Wellenlängen von 12 bis 30 Meter. Sie fanden, dass Gesamteiweiss, Albumin- und Globulin Gehalt des Blutes unbeeinflusst blieben. Die Blutzucker-, Rest N- und Cholesterin Werte waren jeder etwa in der Hälfte der Fälle über die normale Schwankungsbreite hinaus verändert, und zwar wiederum ungefähr zu gleichen Teilen im Sinne einer Zunahme oder Abnahme. Die Autoren kamen zum Schlusse, dass diese Unregelmässigkeiten durch Reizempfindlichkeiten der

vegetativen Zentren bedingt seien. Schliesslich sollen hier noch die Untersuchungen Rondonis erwähnt werden, welche über die oxydierende Wirkung von H_2O_2 auf Serumeiweiss berichten. Dieser Autor stellt fest, dass die Oxydation eine kondensierende oder aggregierende Wirkung auf gewisse wahrscheinlich polydisperse Proteinsysteme ausübt. In einer 1937 erschienenen Arbeit von K. Haug gibt der Autor bekannt, dass nach 4 wöchiger Behandlung mit K. W. in über der Hälfte der Fälle sich die Albumin-Globulin Reaktion zu Gunsten der Globuline verschob. Im selben Jahre fanden E. Hasché und Triantaphyllides, dass sich die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen verlangsamte. Aus all diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass die Kurzwellen sowohl einen Einfluss auf das strömende Blut, als auch auf das in vitro stehende haben.

5. Zweck der vorliegenden Arbeit.

Betrachten wir nochmals in Kürze die uns bekannten Wirkungen der Kurzwellen auf das Blutserum :

1. Die Anregung zur Phagocytose der weissen Blutkörperchen, wenn sie in ein vorher behandeltes Serum gemischt werden.
2. Die sich widersprechenden Veränderungen der Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen, die zum Teil als eine Beschleunigung, zum Teil als eine Verlangsamung betrachtet sein wollen.
3. Das Heruntergehen des Brechungsindexes des Blutserums.
4. Die Zunahme der Viscosität des Serums, bei länger dauernder Bestrahlung eine Abnahme derselben.

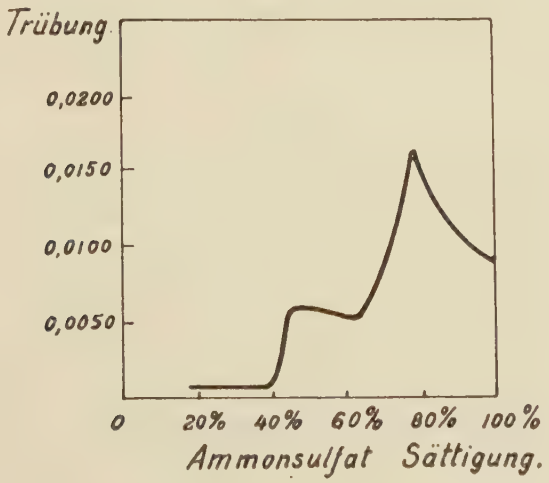
Aus diesen Resultaten scheint es wahrscheinlich, dass der Angriffspunkt der Kurzwellen im Blutserum die Eiweisskörper sind. Auf Veranlassung von Herrn Prof. Vannotti soll deshalb einmal das Verhalten der Eiweissfraktionen untersucht werden, um so der Wirkungsweise der Kurzwellen auf das Blutserum näher zu kommen.

6. Methodik.

Zur Untersuchung der Eiweissfraktionen des Serums gehen wir nach der Methode von Adolf Schmitz vor. Dieser beschrieb seine Methode in einer Arbeit mit F. Wulkow zusammen, welche im Jahre 1932 herausgegeben wurde. Zu Beginn dieser Arbeit bekennt sich der Autor zu der heute allgemein angenommenen Ansicht, dass das Blutserum eine Flüssigkeit darstellt, in welcher die Proteinkomponenten zu micellaren Systemen reversibel dissoziabel ver-

einigt sind, wobei diese Systeme unter sich in einem Gleichgewichtszustand sind. Da die Dissoziation mit der Verdünnung wächst, machte Schmitz eine möglichst grosse Verdünnung des Serums, um so eine praktisch vollständige Dissoziation der Systeme in die Komponenten erreichen zu können. Er gab eine 1500 fache Verdünnung des Serums als die zweckmässigste an. Hierauf ging er an die Bestimmung des Eiweisspektrums, wie er die durch Aussalzung gemessenen Trübungen nannte. Dazu bereitete er in einer Rörchenreihe je 10 ccm Ammonsulfatlösung vor, deren Konzentration von 5- bis 100 %-iger Sättigung anstieg. Von der 15 mal verdünnten Eiweisslösung brachte er in jedes Röhrchen 0,1 ccm, so eine Gesamtverdünnung des Serums von 1 : 1500 erreichend. Die so entstandenen Trübungen wurden mit dem Stufenphotometer von Zeiss gemessen. Diese Trübungen wurden als Kurve aufgetragen, deren Abszisse der Sättigungsgrad der Ammonsulfatlösung in %, und deren Ordinate die abgelesenen Trübungswerte darstellten. Die ersten Untersuchungen führte A. Schmitz mit bekannten einheitlichen Proteinlösungen durch. Es ergaben sich Kurven mit klarem Verlauf einer nur einen Molekültyp enthaltenden Proteinlösung: Rascher sprunghafter Anstieg, dann mit steigender Ammonsulfat Konzentration wieder Abnahme der Tyndall Intensität. Das Optimum der Kurve soll in dem Punkt gelegen sein, in welchem das Maximum der Aussalzung erreicht wurde. Aus diesen Kurven schloss er, dass mit der Bestimmung der Trübungskurve oder wie er es nannte des Eiweisspektrums, eine leichte geeignete Methode vorliege, um die Einheitlichkeit von Proteinlösungen und die Möglichkeit ihrer Fraktionierung durch Aussalzen zu erkennen. Er

Abb. 1.



glaubte, dass eine uneinheitliche Proteinlösung, d. h. ein Typengemisch in einer unregelmässigen stufenförmigen Kurve zum Ausdruck kommen müsste. Nun ging er an die Messung von jugendlichen Seren heran. Mit Ueberraschung stellte er fest, dass alle Trübungskurven der untersuchten Normalseren eine ausserordentlich exakt übereinstimmende Gleichmässigkeit aufwiesen. Seine Normal Serum Kurve sei in Abb. 1 reproduziert.

A. Schmitz bewies, dass die erste Stufe den Globulinen entspricht, während in der 2. Zacke die Albumine zum Ausdruck kommen. Er hat nämlich Messungen mit Serumglobulin allein und Messungen mit Serumalbumin allein gemacht und dabei festgestellt, dass die Serumglobuline bei einer Aussalzung von 40 bis 60 % Ammonsulfat ihr Trübungsmaximum erreichen, während die Serumalbumine ein solches erst bei 80 % Sättigung erreichen. In weitern Untersuchungen hat dann der Autor auch das Blut von kranken Patienten untersucht und dabei gefunden, dass Tuberkulose und Karzinome stets wiederkehrende charakteristische Veränderungen der Trübungskurven verursachten und zwar besonders in den Fraktionen, die den Albuminen entsprechen.

Aus diesen Versuchen zeigte sich also, dass im menschlichen Blute mit Ammonsulfat eine Trennung der Komponenten Globuline und Albumine möglich ist, dass aber für eine weitere Unterteilung dieser beiden Fraktionen die Methode mit Ammonsulfat-Aussalzung nicht geeignet ist.

7. Eigene Versuche.

Methodik :

Zur Untersuchung der Eiweisskörper des Blutserums wird der Zeiss'sche Nephelometer herangezogen. Mit diesem Apparat lässt sich die Intensität der Trübung der zu untersuchenden Lösung leicht ablesen. Es wird bei diesen Trübungsmessungen folgendermassen vorgegangen :

In einer Reihe von Reagensgläsern wird je 0,1 ccm einer Lösung, bestehend aus 0,5 ccm Serum und 7 ccm dest. Wasser, gegeben. Dazu wurden nun Ammoniumsulfat-Lösungen in steigenden Konzentrationen von 0 bis 100 % gegeben, sodass in jedem Reagensglas eine Menge von 10 ccm ist. Von blossem Auge sieht man sogleich wie mit zunehmender Ammoniumsulfat Konzentration auch die Trübung zunimmt, welche durch die Ausfällung der Serum-Eiweisse entsteht.

Es ist somit das Serum 1400 mal verdünnt, damit werden auch die Fehlerquellen, die durch die Mischungen mit dem Serum entstehen könnten, praktisch ausgeschaltet. Die Reagengläser werden peinlich sauber gehalten und natürlich nur solche aus fehlerfreiem Glase benutzt. Alle Lösungen werden vorher filtriert mit Falten-

filter von Härte 605. Es zeigt sich, dass nach längerem Stehen (mehr als 1 Stunde) bereits Flockung der Trübung entsteht. Man kann wohl sagen, dass in solchen Versuchen die Trübung auch von der Zeit abhängig ist und dass alle Stufen von der feinmolekularen Dispersion bis zur mikroskopischen Flockung durchgegangen werden. Da aber jedesmal nach 30 Minuten die Trübungen abgelesen werden, so dürfte dieser Umstand keine Fälschung der Resultate bedeuten. Es kann sich ja bei diesen nephelometrischen Untersuchungen um keine quantitative Bestimmung handeln, sondern bloss um eine qualitative der Eiweissfraktionen im Blutserum. Alle Messungen werden mit Vergleichshelligkeit 4 und Grünfilter L2 ausgeführt. Die am Apparat abgelesene Trübung ist bloss eine relative, welche nach den beigegebenen Angaben der Fabrik noch mit $1{,}72.10^{-2}$ multipliziert werden müsste, um den absoluten Trübungswert zu erhalten. Für diese Untersuchungen genügen aber die relativen abgelesenen Trübungswerte. Als Resultat hat man nun eine Reihe von Trübungswerten, die den entsprechenden Konzentrationen der Ammonsulfat Lösungen entsprechen in Händen. Dieses Resultat lässt sich leicht graphisch darstellen und ergibt eine charakteristische Kurve. Das zu untersuchende Blut wird aus der Cubitalvene entnommen, sorgfältig zentrifugiert und dann 24 Stunden bei einer Temperatur von 36 Graden stehen gelassen, bevor man es benutzt zu weitern Versuchen. Selbstverständlich werden vor den eigentlichen Versuchen mit den Kurzwellen eine Reihe von Ablesungen vorgenommen, vor allem zur Einarbeitung und Einübung in die beschriebene Methodik und ferner zur Aufklärung einiger Fragen betreffend anderer Lösungsmittel für das Serum als aq. dest. Es zeigt sich, dass Serum mit physiologischer Kochsalzlösung oder mit Ringerlösung vermischt statt mit dest. Wasser keine grosse Aenderung in der Trübungskurve zeitigt, im Gegenteil etwas unregelmässiger verläuft. Es weisen auch dann die Trübungskurven keine Veränderungen auf in ihrem Charakter, wenn das Serum einige Tage stehen gelassen wird, bevor man ihm das dest. Wasser mit der Ammonsulfatlösung beimischt. Es werden meist 2 Ablesungen ein und derselben Konzentration gemacht und zwar so, dass zuerst eine ganze Reihe von Reagensgläsern abgelesen, und dann wieder bei der untersten, also niedrigsten Konzentration, von neuem die Trübungswerte bestimmt werden. Es stellen sich nun bei diesen doppelten Ablesungen ziemliche Differenzen ein, die um so grösser sind, je höher die Trübungswerte überhaupt gelesen werden. Da zwischen den beiden Ablesungen ungefähr eine Zeit von 15 Minuten verstreicht, so dürften diese Schwankungen vor allem diesem Umstand zuzuschreiben sein. Bei der Aufzeichnung der Kurven wird nun immer der Mittelwert der beiden Ablesungen gerechnet werden. Die Schwankungen haben ja auf eine qualitative Betrachtung keinen Einfluss.

1. *Versuch.*

Menschliches Serum wird wie oben beschrieben mit aq. dest. verdünnt und es werden ihm in steigender Konzentration in 18 Reagensgläschen die Ammoniumsulfatlösungen beigegeben. Die Trübungen werden abgelesen mit dem oben genannten Nephelometer. Für die Trübungswerte, siehe Tabelle und Kurve.

In unserm ersten Versuch wird vom selben Serum ein Teil mit Kurzwellen behandelt, während der andere Teil unberührt bleibt. Das Besenden mit Kurzwellen geschieht folgendermassen : Das Serum wird in einem Reagensglase auf einem Holzgestell festgehalten und zwischen zwei biegsamen 20 cm grossen Elektroden einem Kondensatorfelde eines Siemens Kurzwellen Apparates während 10 Minuten ausgesetzt. Sofort nach der Besendung wird mit diesem Serum in gleicher Weise vorgegangen wie mit dem Unbehandelten. Die Resultate der so entstehenden Trübungen sind aus der nachfolgenden Tabelle und Kurve ersichtlich.

Was kann man nun aus diesen Kurven schliessen ? Einmal sieht man, dass die Kurve des Normalserums, das heisst des unbestrahlten, ungefähr dem entspricht, was A. Schmitz für das Serum beschrieben hat, nämlich eine erste deutliche Stufe bei 30 % Sättigung an Ammonsulfat und ein scharfes Maximum bei 80 % Sättigung, was den Fraktionen der Albumine und der Globuline entsprechen soll. Die Kurve des dem Kurzwellenfelde ausgesetzten Serums hat im grossen und ganzen einen ähnlichen Verlauf ; die erste Stufe ist sogar noch etwas ausgeprägter und das Trübungsmaximum wird erst bei 85 % Sättigung erreicht. Bei der Kompliziertheit der Trübungsgesetze sei hier auf Einzelheiten, die man aus der Kurve abzulesen geneigt wäre, verzichtet und es sei vorläufig nur auf die eine für unsere Arbeit äusserst wichtige Tatsache hingewiesen, dass ein mit Kurzwellen bestrahltes Serum auf die Aussalzung mit Ammonsulfat andere Trübungsresultate zeitigt als ein unbehandeltes Serum.

Tabelle zum ersten Versuch.

Unbehandeltes Serum: (NH4) 2 SO4-Lösung in % :	Relative Trübungswerte :	*Behandeltes Serum:* (NH4) 2 SO2-Lösung in % :	Relative Trübungswerte :
10 %	2,5	10 %	3,5
20 %	5,0	20 %	4,5
25 %	2,2	25 %	2,7
30 %	2,8	30 %	3,6
35 %	4,2	35 %	5,2
40 %	5,5	40 %	4,9
45 %	28	45 %	23
50 %	67	50 %	61
55 %	71	55 %	58
60 %	72	60 %	61
65 %	80	65 %	59
70 %	81	70 %	76
75 %	96	75 %	109
80 %	130	80 %	106
85 %	114	85 %	125
90 %	114	90 %	100
95 %	110	95 %	100
100 %	110	100 %	106

Stellt man sich diese Werte aus vorangegangener Tabelle graphisch vor, so ergeben sich folgende Kurven :

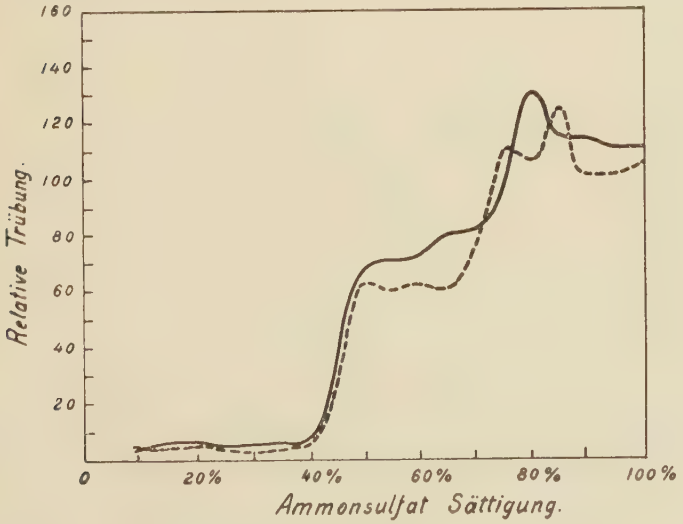


Abb. 2.

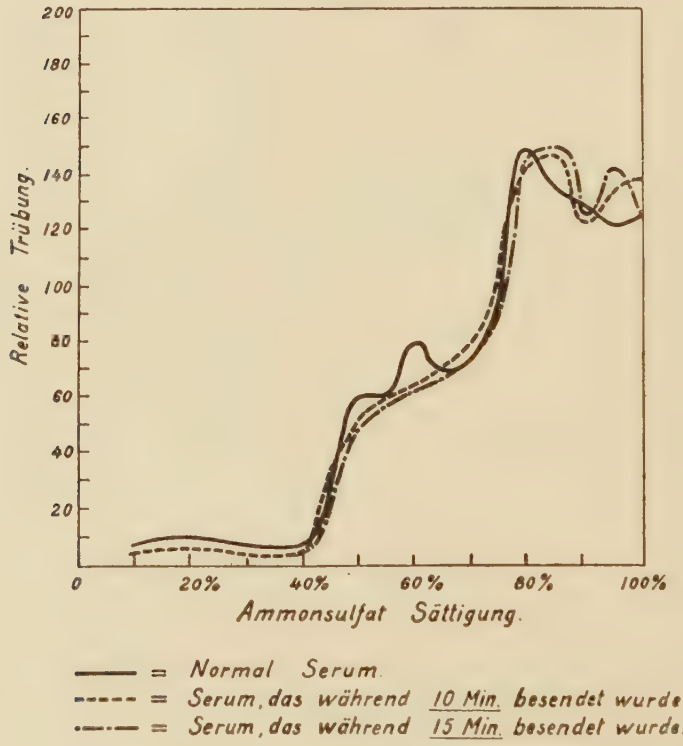
------ = *Bestrahltes Serum.*

——— = *Unbehandeltes Serum.*

2. Versuch.

Ein und dasselbe Serum wird in drei Teile geteilt : Mit dem ersten Teil wird eine Aussalzung mit Ammonsulfatlösung, wie in obenstehender Methodik angegeben, vorgenommen, welches die Trübungskurve des Normal-Serums ergibt. Der zweite Teil desselben Serums wird während 10 Minuten einem Kurzwellenfelde ausgesetzt, wobei eine Wellenlänge von 6 Meter gewählt wird. Es wird dafür gesorgt, dass sich das Serum nicht über 37 Grad erwärme. Der dritte Teil, immer von demselben Serum, wird während 15 Minuten von den Kurzwellen besendet, wieder mit Wellenlänge von 6 Metern. Das eingetauchte Thermometer gibt eine Erwärmung bis 37,4 Grad an. Auf eine Tabelle der Trübungswerte sei verzichtet und die Resultate seien direkt an Hand der Kurven betrachtet.

Abb. 3.



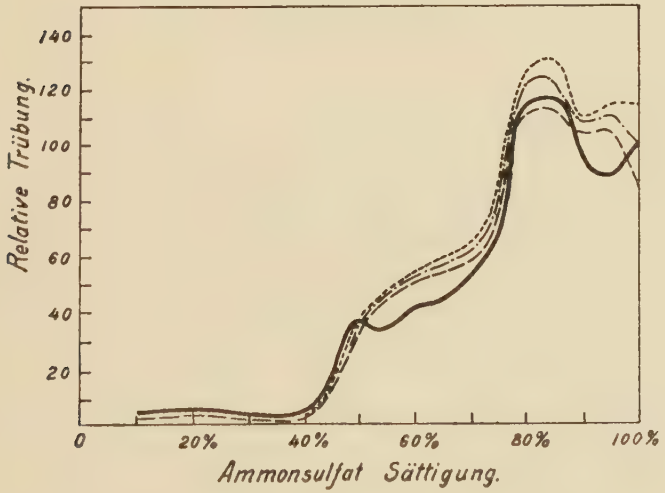
Die Kurve des Normal-Serums zeigt wieder dieselben charakteristischen Stufen. Man beachte die regelmässige Abnahme nach nach dem Trübungsmaximum bei 80 % Sättigung. Die Kurven der

behandelten Seren zeigen auch in diesem Versuch einen anderen Verlauf gegenüber dem Normal-Serum. Dabei ist auffällig, wie ähnlich der Verlauf der Kurven der beiden besendeten Seren ist. Beide haben ihr Trübungsmaximum erst bei 85 % Sättigung und beide zeigen eine Unterteilung in der Fraktion der Albumine. Letzteres war auch schon im ersten Versuch am Verlauf der Kurve des bestrahlten Serums, wenn auch etwas weniger deutlich, sichtbar. Aus dieser letzten Kurve ist ersichtlich, dass eine Verlängerung der Kurzwellen Besendung von 10 Minuten auf 15 Minuten keinen grossen Einfluss auf die Trübungsverhältnisse des Serums hat.

3. Versuch.

Diesmal wird das Serum in vier Teile geteilt, wobei ein Teil wieder das Normal-Serum darstellt, und die andern Teile jetzt aber kürzer bestrahlt werden sollen. Zuerst nämlich bloss 2 ½ Minuten, dann 5 Minuten und schliesslich noch 10 Minuten.

Abb. 4.



——— = Normal Serum.
— — — = 2½ Min. bestrahltes Serum. (Erwärmung bis 36 Grad).
—·—·— = 5 Min. bestrahltes Serum. (Erwärmung bis 46 Grad!).
------- = 10 Min. bestrahltes Serum. (Erwärmung bis 36 Grad!).

Hier hat nun bereits das Normal-Serum eine Veränderung gegenüber den bisherigen Normalseren aufzuweisen, indem kein scharfes Maximum bei 80 % besteht, sondern bei 85 % Sättigung

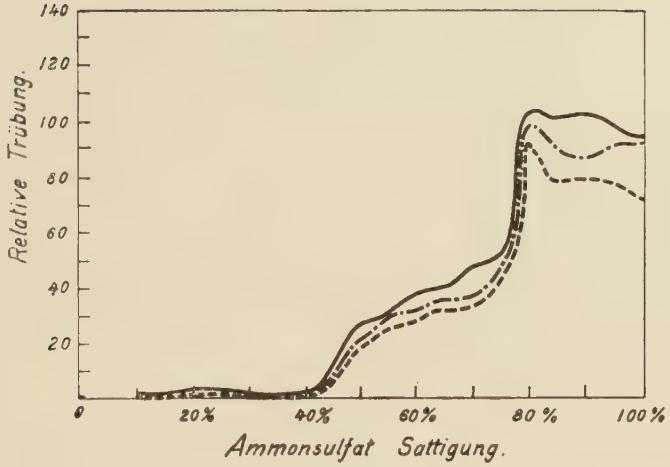
eher noch ein etwas höherer Wert der Trübung abzulesen ist. Das hat zur Folge, dass die drei Kurven der behandelten Seren sich weniger augenfällig vom Normalserum unterscheiden, als dies der Fall war in den beiden ersten Versuchen. Immerhin sieht man eine bedeutend höhere Trübung aller drei behandelten Seren bei 90 % und 95 % Sättigung. Durch Unachtsamkeit erwärmte sich das 3 Min. lang bestrahlte Serum bis auf 46 Grad, während die beiden andern 36 Grad nicht überstiegen. Es zeigt sich nun aus der Kurve, dass diese unphysiologische Erwärmung des Serums keine grossen Trübungsänderungen bei der Aussalzung hervorruft, und dass der Charakter der Kurve in keiner Weise geändert wird. Damit ist zwar gegen eine Wärmewirkung der Kurzwellen nichts gesagt, aber immerhin scheint es mir von Wichtigkeit zu sein, dass eine Differenz in der Erwärmung des Serums von 10 Grad keine bedeutende Aenderung der Resultate der Trübungsmessungen hervorbringen kann, auf alle Fälle lange nicht eine so grosse Veränderung, wie sie durch die Kurzwellen hervorgerufen werden. Wir finden also in diesem Versuch eine Zunahme der Trübung bei den 5- und 10 Min. lang besendeten Seren in der ganzen Röhrchenreihe von 50 % bis 100 % Sättigung. Vom 2 ½ Min. besendeten Serum muss man die geringste Abweichung vom Normalserum konstatieren.

4. Versuch.

Nachdem durch die Kurzwellen Besendung des Serums in vitro eine sichere Aenderung des kolloidalen Zustandes seiner Eiweisskörper erreicht worden ist, versuchen wir noch eine solche Wirkung auf das strömende Blut nachzuweisen. Einem Kaninchen wird eine erste Blutentnahme gemacht, um es dann während 20 Min. vollständig einem Kurzwellen Felde auszusetzen. Sofort nach der Bestrahlung wird eine Blutentnahme vorgenommen und 1 ½ Stunden später wiederum, sodass 3 Sera nephelometrisch zur Untersuchung gelangen.

Das Normalserum des unbehandelten Kaninchens zeigt ein auffallend ähnliches Verhalten, was seine Eiweisse gegenüber der Aussalzung durch Ammonsulfat betrifft, wie das menschliche Normalserum : Die ersten Trübungen zeigen sich bei 45 % und 50 % Sättigung, um dann eine maximale Trübung zwischen 80- und 90 % Sättigung aufzuweisen. Das gleich nach der Bestrahlung gewonnene Serum zeigt eine sichere Aenderung, vor allem sind alle Trübungs-Werte niedriger und nach einem deutlichen Maximum bei 80 % fallen sie wieder ab um so zwischen 85 % und 100 % Sättigung den deutlichsten Unterschied zum Verhalten des Normalserums hervorzurufen. An diesem Versuch scheint mir aber vor allem interressant das Verhalten des dritten Serums, also desjenigen Serums, welches

Abb. 5.



——— = Normal Serum des unbehandelten Kaninchens.
------ = Serum vom sofort nach Bestrahlung gewonnenen Blute
—·—·— = Serum vom 1½ Stunden später entnommenen Blute.

1 ½ Stunden nach der Bestrahlung aus der Blutbahn des Kaninchens genommen wurde. Dieses zeigt eine Trübungskurve, die zwar der des bestrahlten Serums in Verlauf und Trübungswerten sehr ähnlich ist, aber andererseits auch eine sehr deutliche Neigung zeigt, die Trübungswerte und den Verlauf der Kurve des Normalserums wieder zu erreichen. Mit der nötigen Vorsicht für die Beurteilung solcher Resultate, darf man nach diesem Versuch doch sagen, dass das Kurzwellenfeld auch auf das strömende Blut eine Wirkung hat, welche sich in einer kolloidalen Zustandsänderung des Blutserums kundgibt. Dieses beweisen die andern Trübungen, welche durch Aussalzung mit Ammonsulfat erreicht werden. Zudem scheint das Kaninchenserum einige Zeit nach der Bestrahlung wieder zu seiner vorherigen Kolloidstabilität zurück zu tendieren.

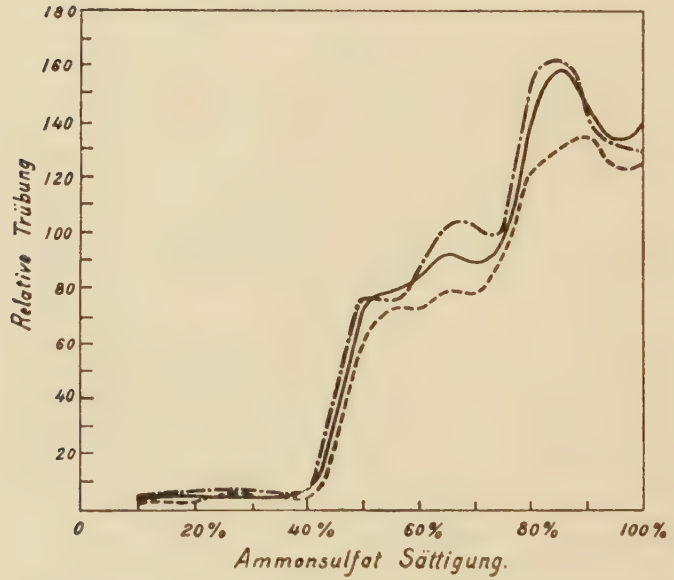
5. Versuch.

In diesem Versuche werden an 2 Individuen genau dieselben Bestrahlungen mit Kurz-Wellen gemacht. D. h. es wird bei beiden vor der Bestrahlung genügend Blut entnommen, um daraus sowohl eine Normalserum Untersuchung als auch eine in vitro Besendung mit Kurzwellen vornehmen zu können. Darauf werden beide Versuchspersonen während 20 Minuten einem Kurzwellenfelde ausgesetzt, wobei die Bauch- und Lebergegend mit grossen Elektroden

bestrahlt wird. Ebenso wird das in vitro sich befindende Serum während 20 Minuten dem Kurzwellenfelde ausgesetzt. Dabei wird das Serum ziemlich stark erwärmt, sodass das Thermometer in einem Falle bis 41-, im andern bis 48 Grad steigt. Selbstverständlich wird nach der Bestrahlung am Lebenden sofort die Blutentnahme angeschlossen.

1. Versuchsperson :

Abb. 6.

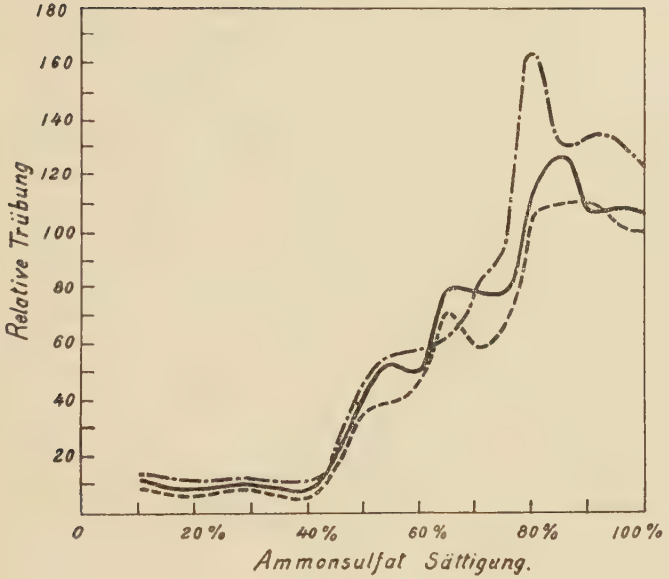


——— = Normal Serum der unbehandelten 1. Versuchsperson.
----- = Serum nach der Bestrahlung in vivo.
—·—· = Serum nach gleich langer Bestrahlung in vitro.

Das Serum der 1. Versuchsperson erwärmte sich in vitro bis auf 48 Grad.

2. Versuchsperson :

Abb. 7.



——— = Normal Serum der unbehandelten 2. Versuchsperson.
----- = Serum nach der Bestrahlung in vivo.
—·—· = Serum nach gleich langer Bestrahlung in vitro.

Das Serum der zweiten Versuchsperson erwärmte sich in vitro bis auf 42 Grad.

Diese beiden Kurven zeigen in anschaulicher Weise, dass auch das menschliche Serum im strömenden Blute sich der Einwirkung durch die Kurzwellen nicht entziehen kann. Nicht unähnlich den Vorgängen im Kaninchenserum, zeigen im vorliegenden Falle beide Trübungskurven der in vivo bestrahlten Versuchspersonen folgende Veränderungen : Im allgemeinen liegen alle Trübungswerte etwas tiefer als diejenigen des Normalserums, also sowohl in der Fraktion der Globuline als auch in derjenigen der Albumine. Die in vitro besendeten Sera neigen schon in den Globulinfraktionen zu einer intensiveren Trübung, aber noch deutlicher sind die Trübungszunahmen in den Albuminfraktionen zu sehen. Ferner haben beide in vivo Behandelten ihre Trübungsmaxima nach rechts verschoben, d. h. ihre stärkste Trübung fällt mit einem Sättigungsgrad des Ammonsulfates zusammen, bei welchem das Normalserum und auch das in vitro besendete Serum bereits wieder niedrigere Werte an der Trübungskurve aufweisen. Man könnte deshalb versucht sein

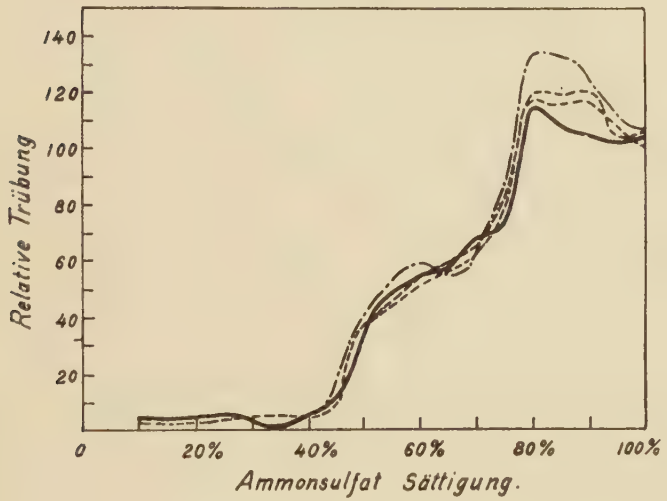
zu denken, dass durch das Kurzwellenfeld eine Wirkung an den Molekülen der Eiweisse erzielt würde, welche eine vergrösserte Stabilität derselben gegenüber der Aussalzung durch Ammonsulfat zur Folge hätte. Im Gegensatz dazu werden durch die in vitro Bestrahlungen die Eiweissmoleküle gegen Aussalzung empfindlicher, weshalb etwas höhere Trübungswerte im allgemeinen beobachtet werden nach in vitro Besendung, was man leichthin der Wärmewirkung der Kurzwellen zuschreiben könnte, da ja eine solche bei der in vitro Bestrahlung vorhanden ist, wogegen diese im strömenden Blute kaum eine Rolle spielen dürfte. Dieser einfachen Auswertung der Resultate muss entgegen gehalten werden, dass die in vitro entstandene Wärme keine so grosse Rolle spielt, sonst würde kaum die Trübung bei dem auf 41 Grad erwärmten Serum einen höheren Wert erreichen als die beim 48-grädigen Serum. Es sei bei dieser Gelegenheit auch daran erinnert, dass die Zahl und die Art der Faktoren, welche die Intensität der Trübung bedingen zum grössten Teil noch unbekannt sind. In einer Arbeit über nephelometrische Untersuchungen an Lebereiweiss sagt J. Druey, dass das Rayleigh'sche Gesetz für Eiweiss Trübungen, welche durch konzentrierte Salzlösungen entstehen, keine Gültigkeit hat. Dieses Gesetz sagt, dass die Intensität des gestreuten Lichtes der Anzahl von suspendierten Teilchen und dem Quadrat der Teilchengrösse proportional ist. Druey macht nun darauf aufmerksam, dass dieses Gesetz nur Gültigkeit hat bis zu einer Teilchengrösse von 800 $\mu\mu$, während in unsern Versuchen die Teilchengrösse wohl um 2,5 μ schwankt. Sicher spielen auch hier Zahl und Grösse der Teilchen eine wichtige Rolle, aber wohl auch ihre Gestalt und andere zum Teil noch unbekannte Faktoren. Deshalb muss in dieser Arbeit darauf verzichtet werden, aus den Trübungsänderungen weittragende Schlüsse auf Veränderungen an den Eiweissmolekülen selbst zu schliessen, denn diese nephelometrischen Effekte sind eben sehr komplizierten physikalischen Vorgängen unterworfen, welche zum grössten Teil noch unbekannt sind. Vor allem sei nochmals nachdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass aus einer Abnahme oder Zunahme der relativen Trübung nicht ohne weiteres auf eine entsprechende quantitative Veränderung der Eiweissfraktionen geschlossen werden kann.

6. Versuch.

Da der Wärmeeffekt in unsern Versuchen sicher eine bedeutende Rolle spielt, so soll nochmals das Serum in dieser Richtung untersucht werden. Ein Normalserum wird in drei Teile unterteilt. Der erste Teil bleibt unbehandelt, während die beiden andern Teile auf 40- resp. auf 48 Grad erwärmt werden, um so mit dem nicht-erwärmten Serum verglichen werden zu können. Dieselbe Versuchs-

person wird auch noch in vivo bestrahlt, sodass noch eine Beobachtung über Kurzwellen Wirkung am Lebenden mehr hinzugefügt werden kann und ein weiterer Vergleich mit einer reinen Wärmewirkung möglich wird. Anschliessend wird von einem weitern Individuum Blut entnommen. Diesesmal wird das Serum wieder in vitro bestrahlt und sodann ein anderer Teil im Wasserbad auf dieselbe Wärme, nämlich auf 38 Grad gebracht. (Diese Versuchsperson weist eine stark erhöhte Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen auf.)

Abb. 8.

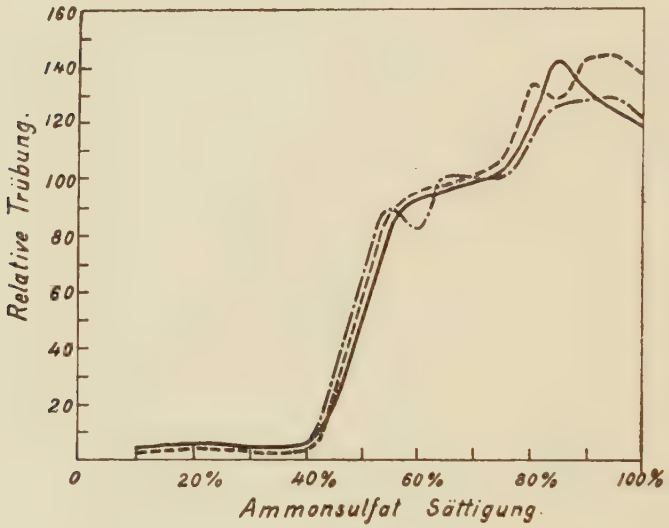


——— = Normal Serum. (der ersten Person des 6. Versuches.)
– – – – – = Auf 40 -resp. auf 48 Grad erwärmtes Serum mittels eines Wasserbades.
—·—·— = In vivo bestrahltes Serum.

In der ersten Kurve nehmen die Trübungen in der Albuminfraktion zu, während sie in der Globulinfraktion ziemlich gleich bleiben. Dabei zeigt das in vivo behandelte Serum eine deutliche Stufenbildung im Bereiche der Globuline und die stärksten Trübungen in der Albuminfraktion. Von den rein durch das Wasserbad erwärmten Sera ist zu sagen, dass sie untereinander sozusagen nicht differieren und dass sie bis zum Trübungsmaximum bei 80 % mit dem Normal-Serum gleich verlaufen und erst zwischen 80 und 90 % eine Trübungszunahme zeigen. In der zweiten Kurve des 6. Versuches kommt es beim in vitro bestrahlten Serum zu einer Unterteilung in der Globulinfraktion, sowie zu einer Trübungsabnahme in der Albuminfraktion gegenüber dem Normal-Serum.

Das auf dieselbe Temperatur gebrachte Serum (aber nur durch ein Wasserbad erwärmt), zeigt eine Unterteilung der Albuminfraktion mit einer Verschiebung des Trübungsmaximum nach rechts, d. h. bei 95 % Sättigung. Dabei zeigt auch hier das erwärmte Serum eine geringe Trübungszunahme in der Albuminfraktion. Diese beiden Kurven zeigen, dass das Serum auch auf eine Erwärmung reagiert, welche durch ein Wasserbad also durch Kontaktwärme hervorge-

Abb. 9.



——— = Normal Serum.
– – – – – = Im Wasserbad auf 38 Grad erwärmtes Serum.
—·—·— = In vitro bestrahltes Serum. (Dabei erwärmte sich das Serum ebenfalls auf 38 Grad.)

rufen wurde. Dabei ist klar ersichtlich, dass die Erwärmung im Wasserbade Veränderungen in der Trübungskurve erreichen, welche deutlich verschieden sind von denen, die durch die Kurzwellen bewirkt werden. In diesen beiden Trübungskurven sehen wir aber noch etwas anderes Merkwürdiges, wenn nämlich die beiden bestrahlten Serumkurven mit den in den früheren Kurven verglichen werden, so muss es auffallen, dass das in vivo bestrahlte Serum diesmal eine Trübungskurve zeitigt, die den früher in vitro bestrahlten Sera sehr ähnlich ist und dass umgekehrt das diesmal in vitro besendete Serum denen die früher in vivo behandelten eher ähnlich sieht. Wir müssen also bei der Betrachtung aller Kurven sagen, dass jedes unbehandelte Serum eine eigene sehr charakte-

ristische Trübungskurve hat, und dass jedes Serum auf Kurzwellen- und Wärmewirkung in seiner eigenen Art reagiert, sodass die Trübungskurven einmal mehr im Sinne einer Steigerung, einmal mehr im Sinne einer Verminderung der Trübungsintensität, oder einmal im Sinne einer Verschiebung des Trübungsmaximums auf einen andern Sättigungsgrad des Ammonsulfates antworten. Hervorgehoben sei auch die schon einmal beobachtete Tatsache, dass in der oben beschriebenen Untersuchung die Kurven der auf 40 — und der auf 48 Grad erwärmten Sera sich kaum unterscheiden und dass somit beide Wasserbad-Erwärmungen fast den gleichen Effekt haben auf den kolloidalen Zustand des Serums.

Was ist also das Resultat aller vorliegenden Untersuchungen? Das wichtigste ist wohl die Tatsache, dass es eine Kurzwellenwirkung auf das Blutserum gibt. Dabei ist diese Wirkung verschieden, jenachdem das Serum für sich allein in vitro einem Kurzwellenfelde ausgesetzt wird, oder ob das fliessende Blut im ganzen Organismus von Kurzwellen getroffen wird. Die Wirkung besteht aber in beiden Fällen in einer sicheren Aenderung der Flockungseigenschaften der Eiweisskörper im Blutserum. Dieser Effekt äussert sich in unsern Versuchen darin, dass durch Fällung der Eiweisse mit Ammonsulfat, offensichtlich andere Flockungsverhältnisse der Eiweissmoleküle zu Stande kommen, was sich in einer Intensitätsänderung für das durchfallende Licht äussert. Die Aenderung der Suspension des Eiweisses aber entspricht auch einer Aenderung seines kolloidchemischen Zustandes. Es wirken also die Kurzwellen auf die Eiweissmoleküle, die sich in einer kolloidalen Lösung, wie sie das Blutserum darstellt, in ganzen Molekülkomplexen zusammenfinden und welche sehr verschieden zusammengesetzt sind und auch mehrere Ladungen enthalten. Man kann sich deshalb vorstellen, dass je nach der Art der Ladungen diese suspendierten Eiweissteilchen angegriffen werden. Schliephake ging in seinen Vermutungen soweit, dass er annahm diese Molekülkomplexe würden im elektrischen Felde Zerrungen erleiden und allmählich auch in ihrer Struktur verändert. Auf jeden Fall müssen Um- und Entladungen von Jonen an diesen Zustandänderungen der Eiweissteilchen mitverantwortlich sein, welche das elektrische Feld der Kurzwellen auslöst. Unsere Versuche zeigen dies anschaulich und sie können deshalb als ein Beweis dafür angesehen werden, dass das Kurzwellenfeld neben einer Wärmewirkung auch eine *spezifische Wirkung auf das Eiweissmolekül* ausübt. Wie wollte man sich sonst die durch das Kurzwellenfeld ausgelösten kolloidalen Zustandsänderungen erklären, die ja deutlich verschieden ausfielen von denen, die durch das Wärmebad entstanden, und wie wollte man die Aenderungen erklären, welche das strömende Blut erleidet, das ja wohl kaum einer Temperaturerhöhung durch das Kurzwellenfeld unterworfen ist. Bei der weitern Erörterung der Frage, ob es sich

um reine Wärmeerzeugung oder um andere Kurzwellenspezifische Vorgänge handelt, muss man sich auch wieder sagen, dass die Erwärmung auch nichts anderes ist als eine Bewegung der Moleküle und dass es nur eine Frage der Zeit und der Intensität dieser Bewegungen ist bis auch an der Struktur der Moleküle Aenderungen eintreten können. Es mag deshalb auch das Kurzwellenfeld eine Wirkung auf das Eiweissmolekül haben, das der durch Kontaktwärme entstandenen ähnlich ist.

8. Zusammenfassung.

Die heutige Literatur ist reich an Beobachtungen die von Veränderungen der Zellfunktion bei der Kurzwellenbesendung berichten, die teils als eine allgemeine, teils als eine lokale Reaktion angesehen werden. Es bleibt immer noch die Frage der Wärmewirkung und der spezifischen Wirkung offen. Die vorliegenden Untersuchungen wollen einen Beitrag zum Studium der Wirkungsmechanismen der kurzen Wellen auf das Serum liefern.

Blutserum wurde in vitro während 2 ½ Minuten bis 15 Minuten mit Kurzwellen (6 Meter Wellenlänge) besendet. Es wurde nach der Schmitz'schen Methode mit Hilfe eines Nephelometers die vor und nach Besendung aus verschiedenen Verdünnungen hergestellte Trübungskurve verglichen. Einstimmig zeigte sich, dass die Kurzwellen in vitro deutliche kolloidchemische Veränderungen im Blutserum hervorrufen. Wenn man in der Tat den Verlauf der Kurven genau untersucht, so sieht man, dass die Intensität der relativen Trübung im allgemeinen nach der Kurzwellenbesendung im Bereich der von Schmitz festgestellten Globularfraktion abnimmt. die typische Stufenbildung bei dieser Fraktion (von 40 % bis 60 % Ammonsulfatlösung) wird nach der Besendung weniger deutlich ; dagegen wird die Albuminzacke im Schmitz'schen Diagramm oft höher und zeigt die Bildung eine Doppelzacke, die dem unbestrahlten Serum nicht eigen ist. Wir müssen daher annehmen, dass die Kurzwellen in vitro eine gewisse Dissozierung von Globulin und eine qualitative Modifizierung der Albumine hervorrufen, wobei man den Eindruck gewinnt, dass die leicht fällbaren Fraktionen der Serumeiweisse sich zu Gunsten der stabileren Fraktionen verschieben. Aehnliche aber nocht fast deutlicher differenzierte Kurven erhielt man bei Untersuchung des Blutserums vor und nach Besendung des Menschen selbst. Wenn man das Serum im Wasserbad in vitro auf 38 und noch mehr Grad erwärmte so kamen die oben beschriebenen Veränderungen nicht in gleicher Art zum Ausdruck. Es wird damit gezeigt, dass die Kurzwellen eine spezifische vom Wärmeeffekt unabhängige Wirkung auf die Eiweisskomponenten ausüben, eine Wirkung die sich in einer Verschiebung der Trübungskurve nach Schmitz kundgibt.

Literaturangaben

Schliephake, *Kurzwellentherapie.* Verlag G. Tischer, Jena (1936).

Raab E., *Kurzwellentherapie in der Praxis.* Georg Thieme Verlag, Leipzig (1937).

Kowarschik, *Kurzwellentherapie* (1936).

Kowarschik, *Wien. klin. Wschr.* **44** (1931).

Hasché E. und P. Loch, *Klin. Wschr. I.* 59-63 (1938).

Esau, *Elektrotechn. Z.* **47**, S. 321 (1926).

Jorns, *Bruns Beitr.* **159** (1934) und *Bruns Beitr.* **152** (1931).

v. Oettingen und Schultze-Rhonhof, *Zbl. Gynaek.* (1930).

Pflomm, *Arch. klin. Chir.* **166** (1931).

Schereschewsky, *Publ. Health Rep.* **41** (1926).

Schmitz Adolf und Wulkow Felix, *Biochem. Zeitschr.*, **245** (1932).

Schmitz A., *dieselbe Zeitschr.*, **241** (1931).

Schmitz A., *dieselbe Zeitschr.*, **273** (1934).

Schmitz A., *Z. f. physiolog. Chem.*, **221** (1933).

Druey Jean, *Biochem. Zeitschr.*, Band **295** und **297** (1938).

Rondoni P., *Hoppe Seyler Zeitschr.*, **235**, 81 (1935), **254**, 207 (1938).